



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 198 38 812 C 1

51 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 02 M 37/00

21 Aktenzeichen: 198 38 812.8-13  
22 Anmeldetag: 26. 8. 1998  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 20. 4. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

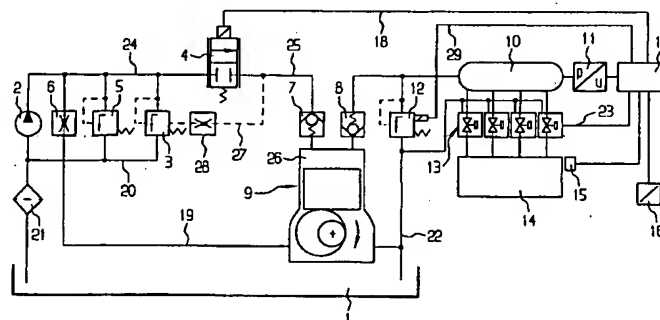
72 Erfinder:  
Krüger, Hinrich, 93053 Regensburg, DE; Werner,  
Martin, 93155 Hemau, DE

55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 196 12 412 A1  
US 35 63 675

54 Verfahren und Vorrichtung zum Einstellen eines Druckes zwischen einer Vorförderpumpe und einer  
Hochdruckpumpe eines Einspritzsystems

57 Zwischen einer Vorförderpumpe und einer Hochdruck-  
pumpe ist ein Volumenstromregelventil vorgesehen, das  
den Volumenstrom zur Hochdruckpumpe vorgibt. Zudem  
ist ein Differenzdruckregelventil parallel zum Volumen-  
stromregelventil angeordnet, das den Druckabfall über  
das Volumenstromregelventil in Abhängigkeit vom Kraft-  
stoffdruck nach dem Volumenstromregelventil auf einen  
konstanten Wert einstellt. Zudem ist ein Druckregelventil  
zwischen der Vorförderpumpe und dem Volumenstrom-  
regelventil vorgesehen, das den maximalen Kraftstoff-  
druck vor dem Volumenstromregelventil einstellt.



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Einstellen eines Druckes zwischen einer Vorförderpumpe und einer Hochdruckpumpe eines Einspritzsystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und eine Vorrichtung zum Einstellen des Druckes zwischen einer Vorförderpumpe und einer Hochdruckpumpe eines Einspritzsystems gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

In der Kraftfahrzeugtechnik werden zunehmend hohe Einspritzdrücke insbesondere bei Dieselmotoren verwendet. Dabei wird ein Kraftstoffspeicher vorgesehen, in dem der Kraftstoff für einen Einspritzvorgang mit hohem Druck bereitgehalten wird. Damit Energieverluste gering gehalten werden, ist eine präzise Zumessung des Kraftstoffes zum Kraftstoffspeicher vorteilhaft.

DE 196 12 412 A1 beschreibt ein Regelverfahren für ein Kraftstoffeinspritzsystem, bei dem eine Vorförderpumpe Kraftstoff über ein Durchflußregelventil einer Hochdruckpumpe zuführt. Die Hochdruckpumpe fördert den zugeführten Kraftstoff in einen Kraftstoffspeicher. Der Kraftstoffspeicher versorgt Einspritzventile einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoff. Zwischen der Vorförderpumpe und dem Durchflußregelventil ist ein Druckbegrenzungsventil vorgesehen, das den Kraftstoffdruck vor dem Durchflußregelventil auf einen Maximalwert von 5 bar begrenzt. Nach der Hochdruckpumpe ist ein Druckregelventil vorgesehen, das Kraftstoff zum Kraftstofftank zurückführt, wenn der Druck einen vorgegebenen Wert überschreitet. Der Öffnungsquerschnitt des Durchflußregelventils wird in Abhängigkeit von der Kraftstoffmenge eingestellt, die vom Druckregelventil abgeführt wird. Auf diese Weise wird eine bedarfsgerechte Volumenstromregelung erreicht.

Die Aufgabe der Erfindung beruht darin, Energieverluste bei einer Volumenstromregelung zu reduzieren. Die Aufgabe der Erfindung wird durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 und durch die Merkmale des Patentanspruchs 8 gelöst.

Ein Vorteil der Erfindung beruht darin, daß der Druck zwischen der Vorförderpumpe und einem Volumenstromregelventil in der Weise eingestellt wird, daß der Druckabfall über das Volumenstromregelventil im wesentlichen unabhängig vom Durchfluß konstant ist. Damit wird ein günstiges, lineares Regelverhalten ermöglicht. Zudem stellt sich der Druck vor dem Volumenstromregelventil in jedem Betriebspunkt gerade nur so hoch ein, wie für das Füllen der Hochdruckpumpe erforderlich ist.

Weitere vorteilhafte Ausbildungen und Verbesserungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figuren näher erläutert; es zeigen

Fig. 1 ein erstes Kraftstoffsystem,

Fig. 2 ein zweites Kraftstoffsystem,

Fig. 3 ein drittes Kraftstoffsystem,

Fig. 4 eine erste Ausführungsform eines kombinierten Vordruckregelventils,

Fig. 5 eine zweite Ausführungsform eines kombinierten Vordruckregelventils,

Fig. 6 eine Anordnung, bei der ein Volumenstromregelventil in Wirkverbindung mit dem Vordruckregelventil steht, und

Fig. 7 eine Anordnung, bei der das Volumenstromregelventil in Wirkverbindung mit einem Differenzdruckregelventil steht und

Fig. 8 eine weitere Ausführungsform, bei der das Volumenstromregelventil in Wirkverbindung mit dem Vordruckregelventil und dem Differenzdruckregelventil steht.

Fig. 1 zeigt ein Kraftstoffeinspritzsystem mit einer Vorförderpumpe 2, die ansaugseitig über ein Vorfilter 21 mit einem Kraftstofftank 1 in Verbindung steht. Der Ausgang der Vorförderpumpe 2 ist über eine erste Leitung 24 an ein Volumenstromregelventil 4 angeschlossen. Das Volumenstromregelventil 4 ist über eine zweite Leitung 25 an ein Einlaßventil 7 einer Hochdruckpumpe 9 angeschlossen. Die Hochdruckpumpe 9 weist einen Druckraum 26 auf, der mit dem Einlaßventil 7 und mit einem Auslaßventil 8 in Verbindung steht. Das Auslaßventil 8 ist mit einem Kraftstoffspeicher 10 verbunden. Der Kraftstoffspeicher 10 ist an Einspritzventile 13 angeschlossen, die einer Brennkraftmaschine 14 zugeordnet sind.

Die erste Leitung 24 ist über eine erste Drossel 6 mit einer Spülleitung 19 verbunden, die zur Hochdruckpumpe 9 geführt ist. Die Spülleitung 19 ist an Schmier- und Kühlkanäle der Hochdruckpumpe 9 angeschlossen. Der Kühl- und Schmierstrom wird von der Hochdruckpumpe 9 über eine zweite Rückleitung 22 an den Kraftstofftank 1 zurückgeführt.

Weiterhin ist an die erste Leitung 24 ein Vordruckregelventil 5 angeschlossen, das ausgangseitig über eine erste Rückleitung 20 mit der Ansaugseite der Vorförderpumpe 2 in Verbindung steht. Zudem ist ein Differenzdruckregelventil 3 mit einem ersten Eingang an der ersten Leitung 24 angeschlossen. Ein zweiter Eingang des Differenzdruckregelventils 3 ist über eine Referenzleitung 27 an die zweite Leitung 25 angeschlossen. Der Ausgang des Differenzdruckregelventils 3 steht mit der ersten Rückleitung 20 in Verbindung.

Der Kraftstoffspeicher 10 weist ein Druckregelventil 12 auf, dessen Ausgang an die zweite Rückleitung 22 angeschlossen ist. Zudem sind Leckageleitungen der Einspritzventile 13 an die zweite Rückleitung 22 angeschlossen. Weiterhin weist der Kraftstoffspeicher 10 einen Drucksensor 11 auf, der mit einem Steuergerät 17 in Verbindung steht. Das Steuergerät 17 ist zudem über eine erste Steuerleitung 18 an das Volumenstromregelventil 4, über eine zweite Steuerleitung 29 an das Druckregelventil 12 und über dritte Steuerleitungen 23 an die Einspritzventile 13 angeschlossen. Zudem steht das Steuergerät 17 mit einem Gaspedalsensor 16 in Verbindung, der den Fahrerwunsch erfaßt. Weiterhin sind Sensoren 15 vorgesehen, die Betriebsbedingung der Brennstoffmaschine, beispielsweise die Drehzahl oder die Motorlast erfassen, und an das Steuergerät 17 melden.

Das Steuergerät 17 steuert in Abhängigkeit von Betriebsbedingungen der Brennkraftmaschine, insbesondere abhängig von der Last und der Drehzahl der Brennkraftmaschine, die Einspritzventile 13 zum Einspritzen von Kraftstoff in die Brennkraftmaschine 14.

Das Steuergerät 17 steuert zudem den Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils 4 in Abhängigkeit von Betriebsbedingungen wie z. B. dem Fahrerwunsch und/oder der Last der Brennkraftmaschine und/oder in Abhängigkeit vom Druck im Kraftstoffspeicher. Damit wird bei einer konstanten Förderleistung der Vorförderpumpe 2 der Kraftstoffvolumenstrom, der der Hochdruckpumpe 9 zugeführt wird, über den Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils 4 eingestellt. Das Steuergerät 17 steuert weiterhin das Druckregelventil 12.

Soll der Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher 10 gesenkt werden, so wird über das Druckregelventil 12 Kraftstoff vom Kraftstoffspeicher 10 in den Kraftstofftank 1 abgeführt.

Das Differenzdruckregelventil 3 stellt in der ersten Leitung 24 einen Kraftstoffdruck ein, der einen vorgegebenen Wert größer ist als der Kraftstoffdruck in der zweiten Leitung 25 nach dem Volumenstromregelventil 4. Überschreitet der Kraftstoffdruck in der ersten Leitung 24 den vorgegebe-

nen Wert, so wird Kraftstoff über das Differenzdruckregelventil 3 von der ersten Leitung 24 über die erste Rückleitung 20 an die Eingangsseite der Vorförderpumpe 2 zurückgeführt. Durch das Differenzdruckregelventil 3 wird sichergestellt, daß der Kraftstoffdruck vor dem Volumenstromregelventil 4 immer einen vorgegebenen Wert über dem Druck liegt, der nach dem Volumenstromregelventil 4 in der zweiten Leitung 25 herrscht. Die Folge davon ist, daß der Druckabfall am Volumenstromregelventil 4 unabhängig vom Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils 4 ist. Damit wird eine hohe Regelgüte für die Zuführung von Kraftstoff zur Hochdruckpumpe 9 und zum Kraftstoffspeicher 10 erreicht. Die Druckdifferenz zwischen der ersten Leitung 24 und der zweiten Leitung 25 wird vorzugsweise so groß eingestellt, daß der vom Volumenstromregelventil 4 zu regelnde Öffnungsquerschnitt günstig gefertigt und verstellt werden kann.

Die Vorförderpumpe 2 fördert mit konstanter oder mit einer der Hochdruckpumpe entsprechenden Drehzahl Kraftstoff aus dem Kraftstofftank 1 in die erste Leitung 24. Das Steuergerät 17 regelt über das Volumenstromregelventil 4 den Zufluß von Kraftstoff zur Hochdruckpumpe 9. Die Hochdruckpumpe 9 ist direkt an die Drehzahl der Brennkraftmaschine gekoppelt und dreht sich mit einer Drehzahl, die proportional der Drehzahl der Brennkraftmaschine ist. Der Kraftstoffstrom, der von der Hochdruckpumpe 9 angesaugt und in den Kraftstoffspeicher 10 geführt wird, wird durch das Volumenstromregelventil 4 vorgegeben. Damit steuert das Volumenstromregelventil 4 den Kraftstoffdruck im Kraftstoffspeicher 10.

Damit der Kraftstoff gegen die Federkraft des Einlaßventils 7 in den Druckraum 26 der Hochdruckpumpe gesaugt werden kann, muß der Kraftstoff in der zweiten Leitung 25 einen Druck aufweisen, der mindestens gleich dem Druck im Druckraum 26 plus dem Druckabfall am Einlaßventil 7 ist. Der Druckabfall am Einlaßventil 7, das als federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet ist, nimmt mit Zunahme des Öffnungsquerschnittes zu. Je mehr Kraftstoff durch das Einlaßventil 7 angesaugt wird, desto mehr muß das Schließglied des Einlaßventils 7 gegen die Federkraft der Spannfeder bewegt werden, und um so größer ist der Druckabfall am Einlaßventil 7. Daraus folgt, daß mit Zunahme des Volumenstromes, der von der Hochdruckpumpe 9 angesaugt wird, der Kraftstoffdruck vor dem Einlaßventil 7 und damit auch vor dem Volumenstromregelventil 4 zunimmt.

Damit sich das System bei einer Vollförderung der Hochdruckpumpe 9 nicht zu schädigenden Kraftstoffdrücken in der ersten Leitung 24 aufschaukeln kann, ist das Vordruckregelventil 5 vorgesehen, das den Kraftstoffdruck in der ersten Leitung 24 auf einen vorgegebenen Maximalwert begrenzt. Überschreitet der Kraftstoffdruck in der ersten Leitung 24 den vorgegebenen Maximalwert, so wird über das Vordruckregelventil 5 Kraftstoff über die erste Druckleitung 20 zum Eingang der Vorförderpumpe 2 zurückgeführt.

Durch die erste Drossel 6 wird aus der ersten Leitung 24 Kraftstoff abgezweigt und über die Spülleitung 19 zum Schmieren und Kühlen der Hochdruckpumpe 9 verwendet. Die Hochdruckpumpe 9 gibt überschüssigen Kühl- und Schmierkraftstoff über die zweite Rückleitung 22 an den Kraftstofftank 1 zurück. Das Differenzdruckregelventil 3 erfaßt über die Referenzleitung 27 den Kraftstoffdruck in der zweiten Leitung 25 und verbindet die erste Leitung 24 mit der ersten Rückleitung 20, wenn der Kraftstoffdruck in der ersten Leitung 24 einen vorgegebenen Wert über dem Kraftstoffdruck in der zweiten Leitung 25 liegt.

Da der Energieverbrauch der Vorförderpumpe 2 annähernd proportional zum dem Kraftstoffdruck in der ersten Leitung 24 ist, wird aufgrund der vorgeschlagenen Rege-

lung des Kraftstoffdruckes in der ersten Leitung 24 in Abhängigkeit vom Kraftstoffdruck in der zweiten Leitung 25 relativ wenig Energie verbraucht, da der Kraftstoffdruck in der ersten Leitung 24 nur so hoch eingestellt wird, daß die Hochdruckpumpe 9 den Kraftstoff aus der zweiten Leitung 25 über den Widerstand des Einlaßventils 7 ansaugen kann. Auf diese Weise fördert die Vorförderpumpe 2 den Kraftstoff nur gegen den Druck, der zum Füllen der Hochdruckpumpe 9 notwendig ist. Damit wird unnötiger Energieaufwand vermieden.

Vorzugsweise ist in der Referenzleitung 27 vor dem Differenzdruckregelventil 3 eine zweite Drossel 28 vorgesehen. Die zweite Drossel 28 dämpft kurzfristige Druckschwankungen, so daß am Differenzdruckregelventil 3 ein zeitlich gemittelter Kraftstoffdruck als Referenzwert anliegt. Damit werden Druckschwankungen, die durch das Ansaugen der Hochdruckpumpe 9 in der zweiten Leitung 25 auftreten, unterdrückt und ein Aufschwingen des Systems verhindert.

Fig. 2 zeigt eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung, bei der der Ausgang des Vordruckregelventils 5 und der Ausgang des Differenzdruckregelventils 3 über die erste Rückleitung 20 mit dem Kraftstofftank 1 verbunden sind. Dies bietet den Vorteil, daß die Kraftstoffpumpe 2 den Kraftstoff direkt aus dem Kraftstofftank 1 ansaugt und deshalb die thermische Belastung der Vorförderpumpe 2 niedriger ist als in der Ausführungsform der Fig. 1.

Fig. 3 zeigt eine weitere Ausbildung der Erfindung, bei der der Ausgang des Vordruckregelventils 5 und der Ausgang des Differenzdruckregelventils 3 über die erste Rückleitung 20 zur Hochdruckpumpe 9 geführt sind. Damit wird der vom Vordruckregelventil 5 und vom Differenzdruckregelventil 3 abgegebene Kraftstoff direkt zur Spülung der Hochdruckpumpe 9 verwendet. In diesem Ausführungsbeispiel ist die erste Rückleitung 20 an Schmier- oder Kühlkanäle der Hochdruckpumpe 9 angeschlossen.

Fig. 4 zeigt ein Kombinationsventil 30, das die Funktionen des Differenzdruckregelventils 3 und des Vordruckregelventils 5 in einer kompakten Bauform realisiert. Das Kombinationsventil 30 weist ein Gehäuse 31 auf, in das eine zylindrische Ausnehmung 32 eingebracht ist. In der zylindrischen Ausnehmung 32 sind ein erster und ein zweiter Kolben 33, 34 eingebracht, die die zylindrische Ausnehmung 32 abdichten. Der erste Kolben 33 ist über eine erste Feder 35 mit einer ersten Endfläche 36 des Gehäuses 31 verbunden. In der ersten Endfläche 36 ist eine erste Zulauföffnung 37 eingebracht, die an die erste Leitung 24 angeschlossen ist.

Der zweite Kolben 34 ist über eine zweite Feder 38 mit der zweiten Endfläche 39 des Gehäuses 31 verbunden. Zwischen dem ersten und dem zweiten Kolben 33, 34 ist eine Steuerkammer 40 im Gehäuse 31 ausgebildet, die über eine zweite Zulauföffnung 41 an die erste Leitung 24 angeschlossen ist.

In der zweiten Endfläche ist eine dritte Zulauföffnung 42 eingebracht, die über die Referenzleitung 27 mit der zweiten Leitung 25 verbunden ist. Angrenzend an den Randbereich des ersten Kolbens 33 ist eine erste Ausgangsöffnung 43 und angrenzend an den Endbereich des zweiten Kolbens 34 ist eine zweite Ausgangsöffnung 44 in das Gehäuse 31 eingebracht, die mit der ersten Rückleitung 20 verbunden sind. Die erste und die zweite Feder 35, 38 und die Anordnung der ersten und der zweiten Ausgangsöffnung 43, 44 sind in der Weise ausgebildet, daß die Funktion des Differenzdruckregelventils 3 und die Funktion des Vordruckregelventils 5 durch den ersten und den zweiten Kolben 33, 34 dargestellt wird.

Fig. 5 zeigt eine zweite Ausführungsform des Kombinati-

onsventils 30, bei dem die zylindrische Ausnehmung 32 in einen ersten und einen zweiten Zylinderabschnitt 50, 51 unterteilt ist, wobei der zweite Zylinderabschnitt 51 einen größeren Durchmesser als der erste Zylinderabschnitt 50 aufweist. Dementsprechend weist auch der zweite Kolben 34 einen größeren Durchmesser auf als der erste Kolben 33. Damit ist für den zweiten Kolben 34 ein maximaler Verschiebeweg vorgegeben, da der zweite Kolben 34 durch die Abstufung zum ersten Zylinderabschnitt 50 begrenzt wird.

Der erste Kolben 33 weist mittig einen in Richtung auf den zweiten Kolben 34 ausgerichteten Stift 52 auf, der bei einer maximalen Auslenkung des zweiten Kolbens 34 einen definierten Abstand zwischen dem zweiten und dem ersten Kolben 34, 33 vorgibt und gleichzeitig die Zulauföffnung 41 im drucklosen Zustand freihält, so daß beim Start des Systems ein definierter Zustand vorliegt.

Fig. 6 zeigt eine schematische Darstellung, bei der das Vordruckregelventil 5 in Wirkverbindung mit dem Volumenstromregelventil 4 steht. Dabei ist beispielsweise das Volumenstromregelventil 4 als Schieberventil ausgebildet und der Schieber des Volumenstromregelventils 4 ist über eine dritte Feder 60 mit dem Schließglied des Vordruckregelventils 5 in der Weise verbunden, daß der vom Vordruckregelventil 5 eingestellte Druck in der ersten Leitung 24 von dem Verschiebeweg und damit von dem geöffneten Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils 4 abhängt. Im Betrieb der Hochdruckpumpe 9 mit maximaler Füllung, wobei der Druck in der Leitung 24 nicht vom Differenzdruckregelventil sondern vom Druckregelventil 5 eingestellt wird, ergibt sich so mit zunehmender Öffnung des Volumenstromregelventils 4 ein steigender Druck in den Leitungen 24 und 25, womit der steigende Druckverlust am Einlaßventil 7 kompensiert werden kann. Auf diese Weise wird der Druck in der Leitung 24 genauer an den tatsächlichen Bedarf angepaßt und ein weiteres Energiesparpotentil seitens der Vorförderpumpe 2 erschlossen.

Fig. 6a zeigt ein Kombinationsventil, das in einem kompakten Gehäuse die Funktion des Vordruckregelventils 5 und des Volumenstromregelventils 4 darstellt. Die Funktion des Volumenstromregelventils 4 wird im wesentlichen durch einen axial verschiebbaren ersten Steuerkolben 85 realisiert, der den Öffnungsquerschnitt einer Abflußöffnung 86 gegen die Kraft einer Vorspannfeder einstellt. Dazu wird der erste Steuerkolben 85 über eine Kolbenstange 88 von einem nicht dargestellten Aktor gesteuert. Der Kraftstoff wird von der Vorförderpumpe 2 über die erste Leitung 24 in eine Kammer 89 des Gehäuses 87 geführt. Je nach Stellung des ersten Steuerkolbens 85 wird ein entsprechender Volumenstrom über die zweite Leitung 25 der Hochdruckpumpe 9 zugeführt. Die Funktion des Vordruckregelventils 5 wird von einer Dichthülse 83 ausgeführt, die im Gehäuse 87 eingebracht ist und die Steuerstange 88 umgibt. Die Dichthülse 83 begrenzt die Kammer 89 und ist über die dritte Feder 60 gegen die Steuerstange 88 abgestützt. Im Gehäuse 87 ist eine zweite Abflußöffnung 90 vorgesehen, die ein Öffnungsquerschnitt von der Dichthülse 83 eingestellt wird. Überschreitet der Druck in der Kammer 89 einen vorgegebenen, maximalen Vordruck, so wird die Dichthülse 83 so weit nach oben verschoben, daß die zweite Abflußöffnung geöffnet wird und Kraftstoff zum Kraftstofftank 1 zurückgeführt wird. Senkt der Druck in der Kammer 89 unter den vorgegebenen maximalen Vordruck, so wird die Dichthülse 83 von der dritten Feder 60 wieder in Richtung auf die Kammer 89 bewegt, so daß die zweite Abflußöffnung 90 wieder verschlossen wird.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsform, bei der das Volumenstromregelventil 4 in Wirkverbindung mit dem Differenzdruckregelventil 3 steht. Dabei ist beispielsweise das

Volumenstromregelventil 4 als Schieberventil ausgebildet und der Schieber des Volumenstromregelventils 4 ist über eine vierte Feder 70 mit dem Schließglied des Differenzdruckregelventils 3 in der Weise verbunden, daß mit zunehmendem Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils 4 auch die Druckdifferenz, die zwischen der ersten Leitung 24 und der zweiten Leitung 25 über das Differenzdruckregelventil 3 eingestellt wird, zunimmt.

Auf diese Weise wird für das Volumenstromregelventil 4 eine progressive Kennung des Durchflusses über dem Stellweg erreicht, wodurch ein flacher Anstieg und eine hohe Regelgüte im Bereich niedriger Durchflüsse erreicht wird.

Fig. 7a zeigt ein Kombinationsventil, das sowohl die Funktion des Volumenstromregelventils 4 als auch die Funktion des Differenzdruckregelventils 3 beinhaltet. Im wesentlichen entspricht der Aufbau dem Kombinationsventil der Fig. 6a, wobei jedoch die Dichthülse 83 zusätzlich von der Rückseite her über eine Zulauföffnung 91 und die Referenzleitung 27 mit dem Druck beaufschlagt wird, der in der zweiten Leitung 25 vor der Hochdruckpumpe 9 anliegt. Damit übernimmt die Dichthülse 83 die Funktion des Differenzdruckregelventils 3, die die zweite Abflußöffnung 90 öffnet, sobald der Kraftstoffdruck in der Kammer 89 größer ist als der Referenzdruck vor der Hochdruckpumpe 9 plus dem Druck, der von der dritten Feder 60 auf die Dichthülse 83 ausgeübt wird. Der Aktor, der die Steuerstange 88 steuert, ist auch in diesem Ausführungsbeispiel nicht dargestellt.

Fig. 8 zeigt eine Kombination der Fig. 6 und 7, bei der sowohl das Differenzdruckregelventil 3 als auch das Vordruckregelventil 5 in Wirkverbindung mit dem Volumenstromregelventil 4 stehen. Vorzugsweise wird die Kopplung über Kopplungsfedern 80/81 erreicht. Dabei wird sowohl der maximale Druck in der ersten Leitung 24 als auch der Differenzdruck zwischen der ersten Leitung 24 und der zweiten Leitung 25 in Abhängigkeit vom Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils 4 eingestellt. Vorzugsweise nimmt der maximale Druck, der durch das Vordruckregelventil 5 vorgegeben wird, proportional mit dem Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils 4 zu. Ebenso nimmt vorzugsweise die vom Differenzdruckregelventil 3 eingestellte Druckdifferenz zwischen der ersten Leitung 24 und der zweiten Leitung 25 proportional mit der Zunahme des Öffnungsquerschnitts des Volumenstromregelventils 4 zu.

Die Fig. 8a zeigt ein Kombinationsventil, daß die Funktionsweise des Volumenstromregelventils 4, des Differenzdruckregelventils 3 und des Vordruckregelventils 5 darstellt.

Der Aufbau des Kombinationsventils entspricht im wesentlichen dem Aufbau des Kombinationsventils der Fig. 7a, wobei jedoch zusätzlich eine zweite Kammer 97 vorgesehen ist, die über eine zweite Dichthülse 96 gegen eine zweite Abflußöffnung 97 abgedichtet ist. Die zweite Dichthülse 96 ist über eine zweite Kopplungsfeder 81 gegen die Koppelstange 88 und in Richtung auf die zweite Kammer 97 vorgespannt. Die zweite Kammer 97 ist über eine Zulauföffnung 98 mit der ersten Leitung 24 verbunden. Übersteigt nun der Druck in der zweiten Kammer 97 den Druck, der durch die zweite Kopplungsfeder 81 und der Position der Kopplungsstange 88 vorgegeben wird, so gibt die zweite Dichthülse 96 die zweite Abflußöffnung 97 frei. Als Folge davon wird der Druck in der ersten Leitung 24 gesenkt. Sinkt nun der Druck der ersten Leitung 24 unter einen vorgegebenen, maximalen Vordruck, so verschließt die zweite Dichthülse 96 wieder die zweite Abflußöffnung 97. Die zweite Kammer 97 wird von einem Kolben 95 begrenzt, der an der Steuerstange 88 ausgebildet ist und zugleich als Anschlag für die erste Kopplungsfeder 80 dient, die die erste Dichthülse 83 gegen die erste Kammer 89 vorspannt. Zwi-

schen dem Kolben 95 und der ersten Dichthülse 83 ist eine Federkammer ausgebildet, die über die Referenzleitung 27 mit der zweiten Leitung 25 in Verbindung steht. Damit liegt in der Federkammer jeweils der Kraftstoffdruck an, der auch vor der Hochdruckpumpe 9 vorliegt. Damit wird die erste Dichthülse 83 sowohl von der Federkraft der Kupplungsfeder 80 als auch von dem Druck, der vor der Hochdruckpumpe 9 anliegt, in Richtung auf die erste Kammer 89 vorgespannt. Die Funktion des Differenzdruckregelventils 3 und des Volumenstromregelventils 4 ist in dieser Anordnung entsprechend dem Kombinationsventil der Fig. 7a ausgebildet.

Ein Vorteil des Kombinationsventils der Fig. 8a beruht darin, daß die Funktion des Differenzdruckregelventils 3 des Vordruckregelventils 5 und des Volumenstromregelventils 4 in einem einzigen Kombinationsventil realisiert sind, wobei sowohl der vom Vordruckregelventil 5 eingestellte Vordruck als auch der vom Differenzdruckregelventil 3 eingestellte Differenzdruck vom Volumenstrom abhängt, der vom Volumenstromregelventil 4 eingestellt wird. Je größer der Öffnungsquerschnitt der ersten Abflußöffnung 86 ist, das heißt je größer der der Hochdruckpumpe 9 zugeführte Volumenstrom ist, desto größer wird sowohl der von der ersten Dichthülse 83 eingestellte Differenzdruck als auch der von der zweiten Dichthülse 96 eingestellte Vordruck.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Einstellen des Druckes in einer Kraftstoffleitung (25) zwischen einer Vorförderpumpe (2) und einer Hochdruckpumpe (91) eines Kraftstoffeinspritzsystems für eine Brennkraftmaschine, wobei zwischen der Vorförderpumpe (2) und der Hochdruckpumpe (9) ein Volumenstromregelventil (4) angeordnet ist und zwischen der Vorförderpumpe (2) und dem Volumenstromregelventil (4) ein Vordruckregelventil (5) vorgesehen ist, **dadurch gekennzeichnet**,
  - daß der Druck zwischen der Vorförderpumpe (2) und dem Volumenstromregelventil (4) über ein Differenzdruckregelventil (3) abhängig von dem Druck nach dem Volumenstromregelventil (4) eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck vor dem Volumenstromregelventil (4) in der Weise eingestellt wird, daß die Druckdifferenz über das Volumenstromregelventil (4) im wesentlichen konstant und unabhängig vom Kraftstoffstrom gehalten wird, der von der Hochdruckpumpe (9) angesaugt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck der Kraftstoffleitung (25) zwischen dem Volumenstromregelventil (4) und der Hochdruckpumpe (9) erfaßt und zeitlich gemittelt wird, und daß der gemittelte Druck zum Einstellen der Druckdifferenz über das Volumenstromregelventil verwendet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Sollwert der Druckdifferenz über das Volumenstromregelventil (4) in Abhängigkeit vom eingestellten Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils eingestellt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck vor dem Volumenstromregelventil auf einen Maximalwert begrenzt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der maximale Druck vor dem Volumenstromregelventil (4) in Abhängigkeit vom Öffnungsquerschnitt des Volumenstromregelventils eingestellt wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der vom Vordruckregelventil abgegebene Kraftstoff der Hochdruckpumpe zur Kühlung oder Schmierung zugeführt wird.

8. Einspritzsystem mit einer Vorrichtung zum Einstellen des Drucks in einer Kraftstoffleitung, die eine Vorförderpumpe (2) über ein Volumenstromregelventil (4) mit einer Hochdruckpumpe (9) verbindet, wobei zwischen der Vorförderpumpe und dem Volumenstromregelventil (4) ein Druckregelventil (5) angeordnet ist, das einen maximalen Druck vor dem Volumenstromregelventil (4) einstellt, dadurch gekennzeichnet, daß ein Differenzdruckregelventil (3) vorgesehen ist, das mit der Kraftstoffleitung (24, 25) vor und nach dem Volumenstromregelventil (4) verbunden ist, daß das Differenzdruckregelventil (3) den Druck vor dem Volumenstromregelventil (4) in Abhängigkeit von dem Druck nach dem Volumenstromregelventil (4) einstellt, wobei das Differenzdruckregelventil (3) den Druck vor dem Volumenstromregelventil (4) um einen vorgegebenen Wert höher einstellt als den Kraftstoffdruck, der nach dem Volumenstromregelventil herrscht.

9. Einspritzsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Differenzdruckregelventil (3) den Druck vor dem Volumenstromregelventil (4) in der Weise einstellt, daß der Druckabfall über das Volumenstromregelventil (4) im wesentlichen konstant und unabhängig vom Volumenstrom ist, der von der Hochdruckpumpe (9) angesaugt wird.

10. Einspritzsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Differenzdruckregelventil (3) und der Kraftstoffleitung (26) nach dem Volumenstromregelventil (4) eine Drossel (28) angeordnet ist.

11. Einspritzsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Differenzdruckregelventils (3) mit dem Eingang der Vorförderpumpe (2) verbunden ist.

12. Einspritzsystem nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Differenzdruckregelventils (3) mit einer Schmier- oder Kühlleitung der Hochdruckpumpe (9) verbunden ist.

---

Hierzu 10 Seite(n) Zeichnungen

---

FIG 1

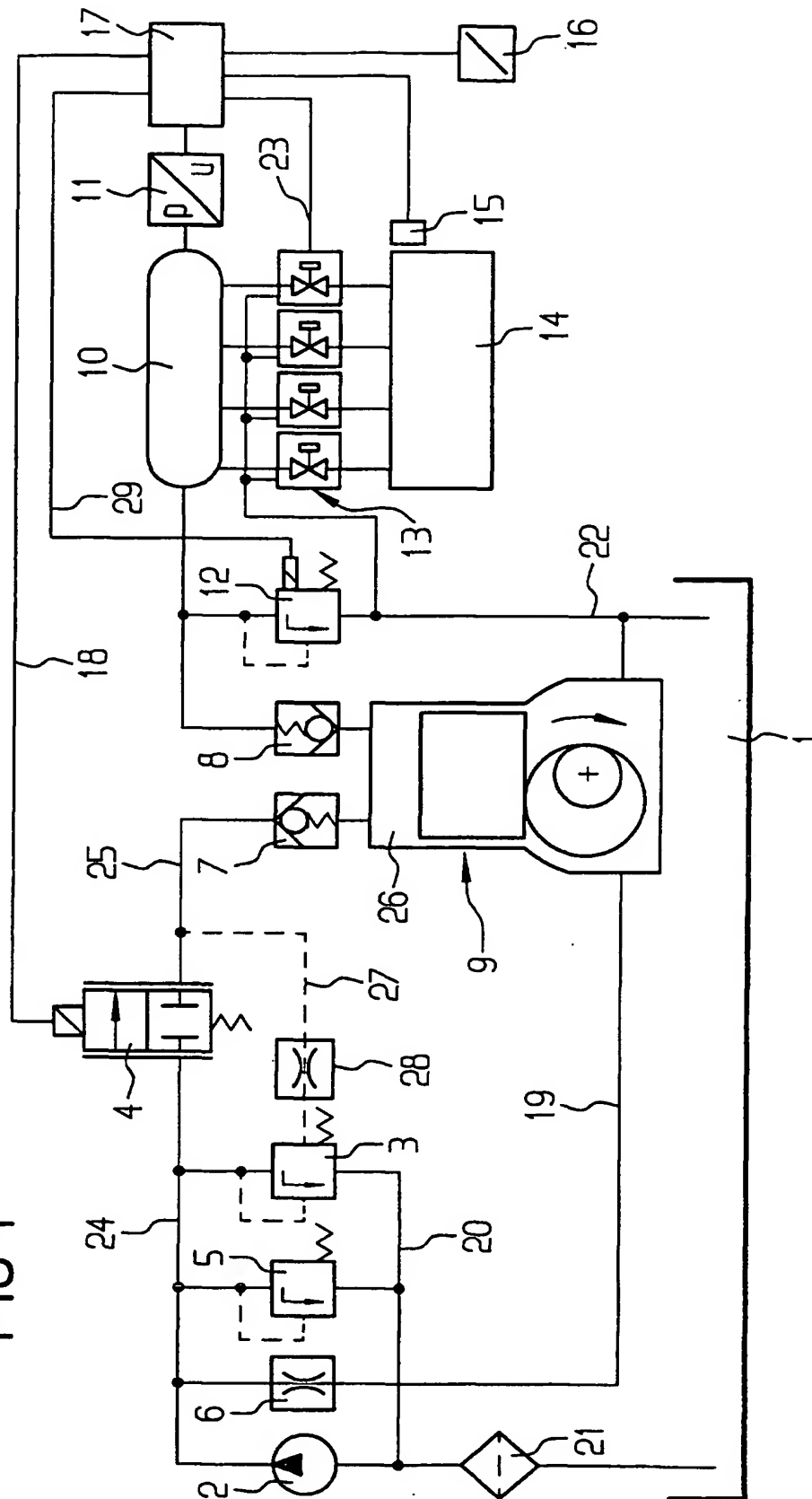


FIG 2

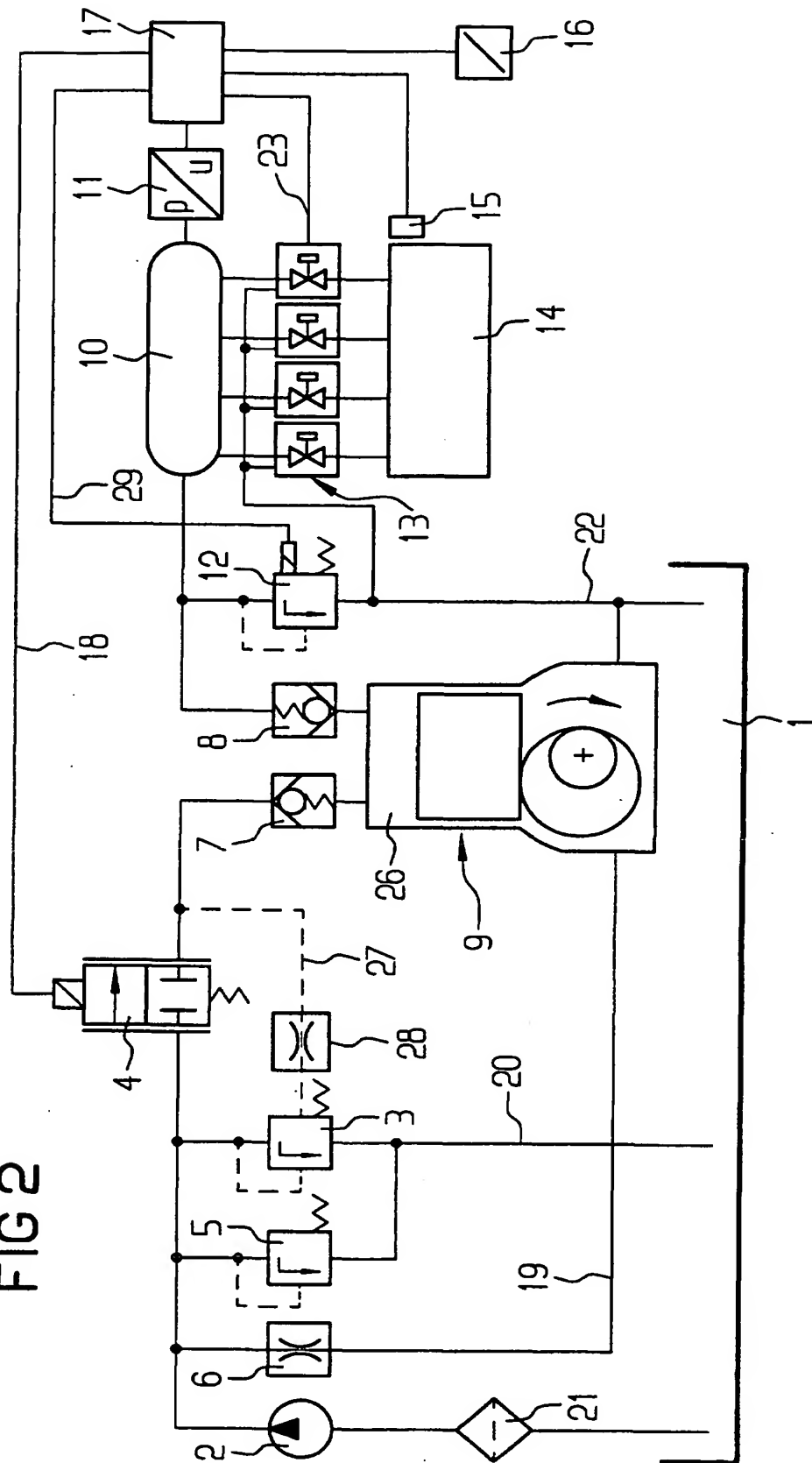


FIG 3

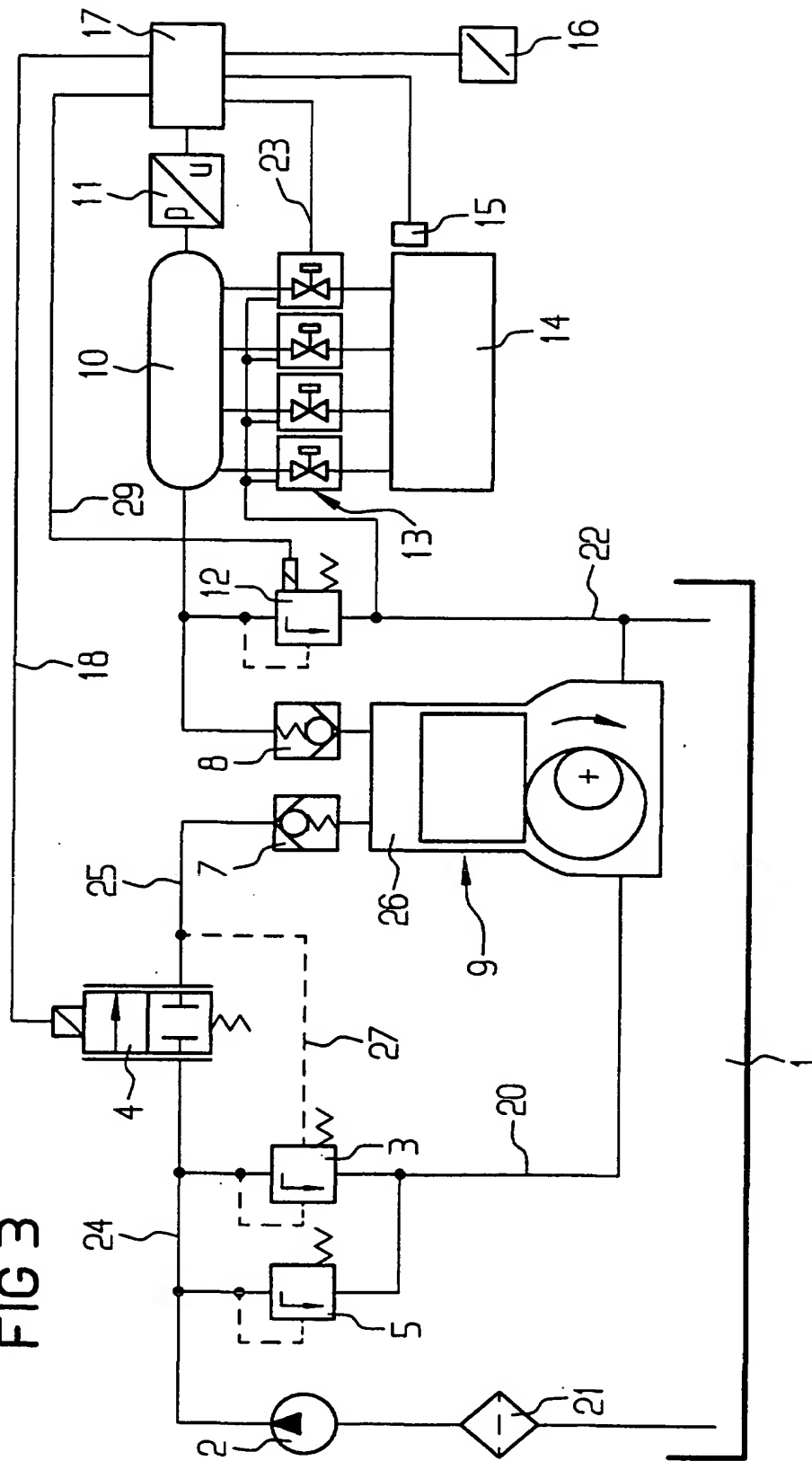




FIG 4

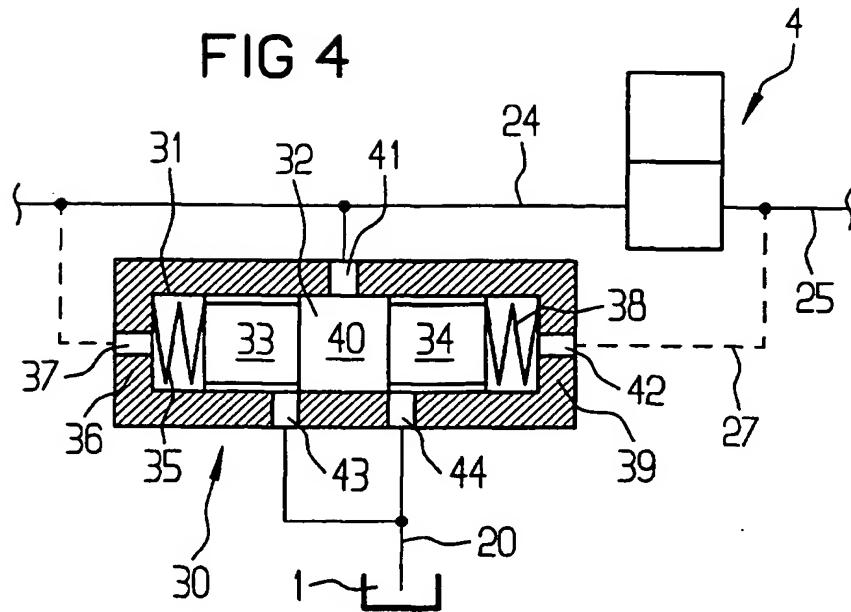


FIG 5

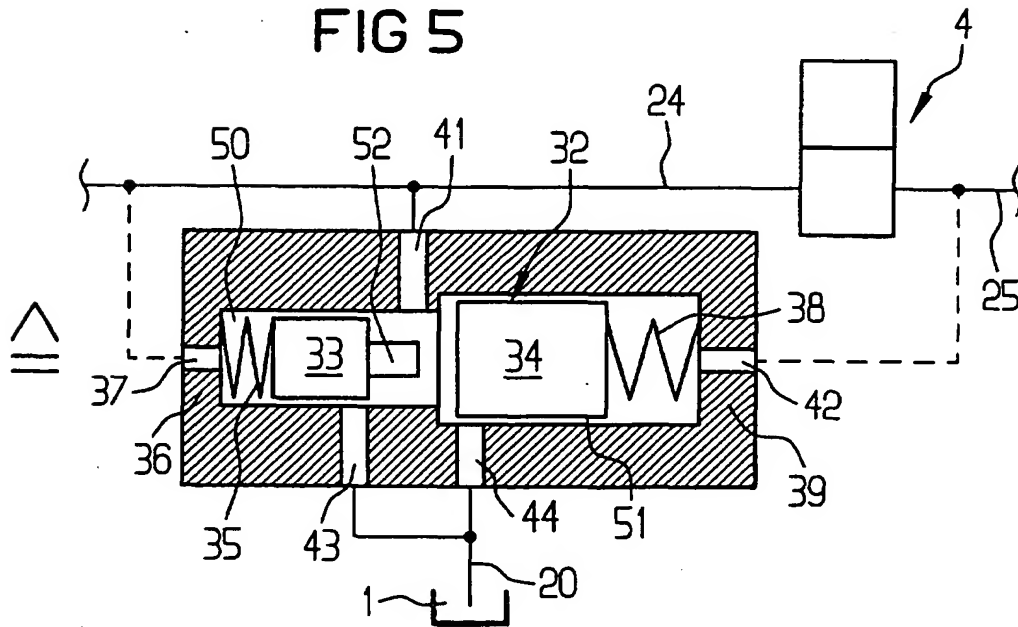


FIG 6

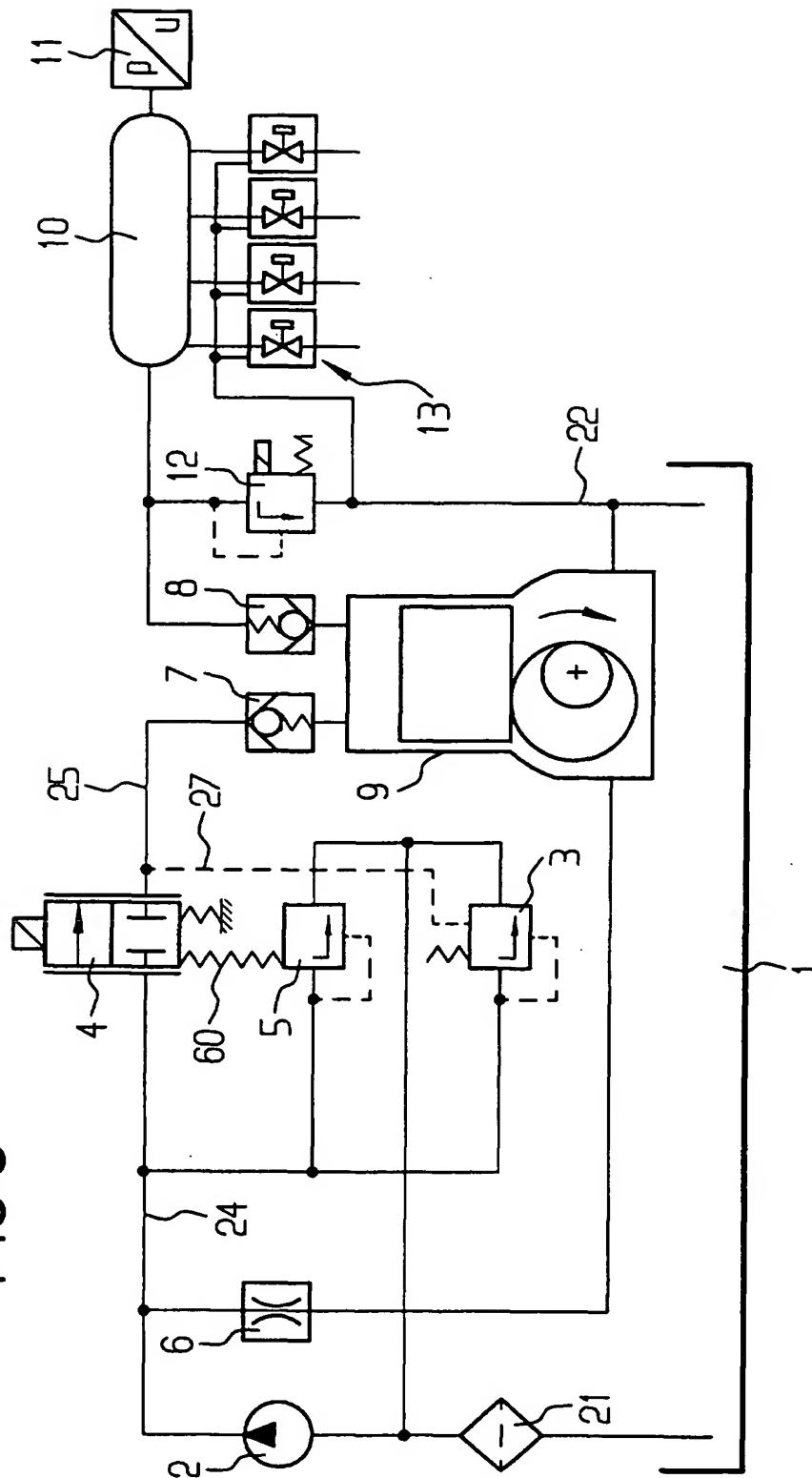
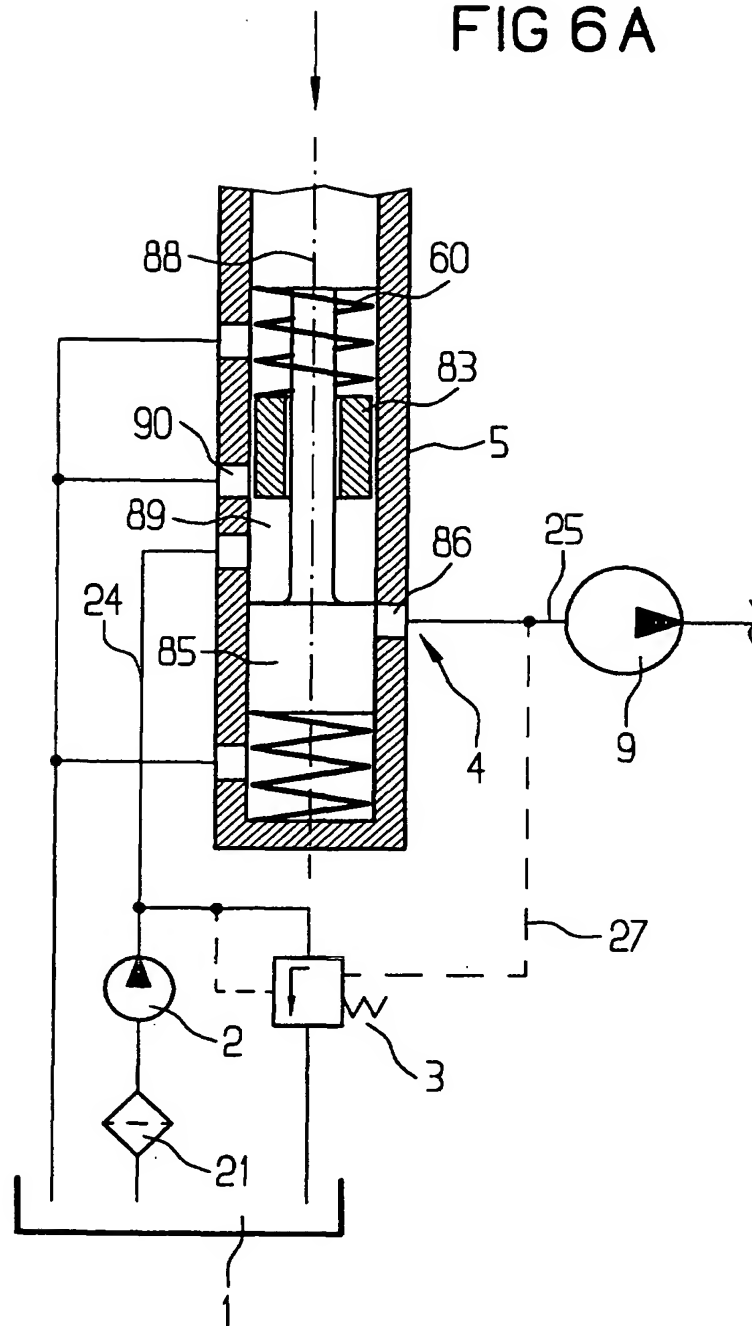


FIG 6A



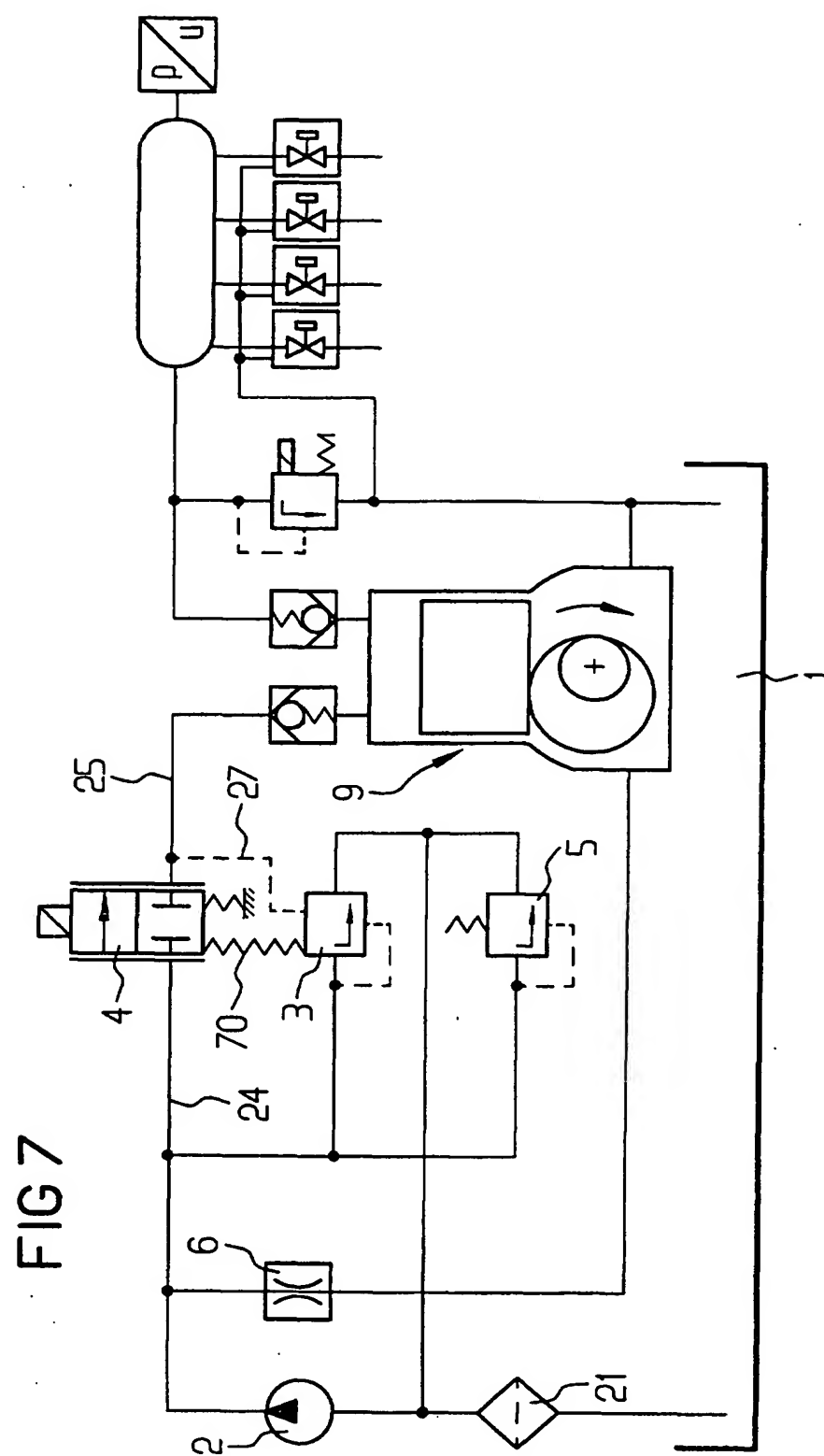


FIG 7 A

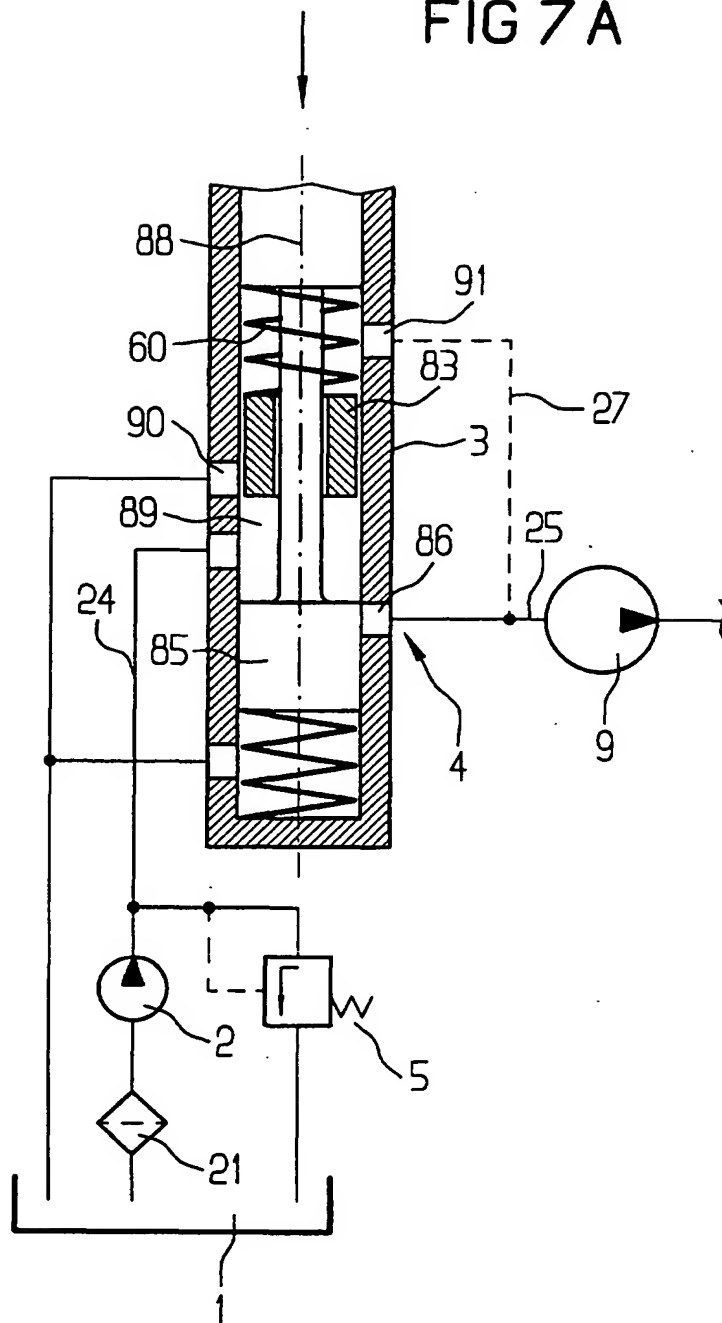


FIG 8

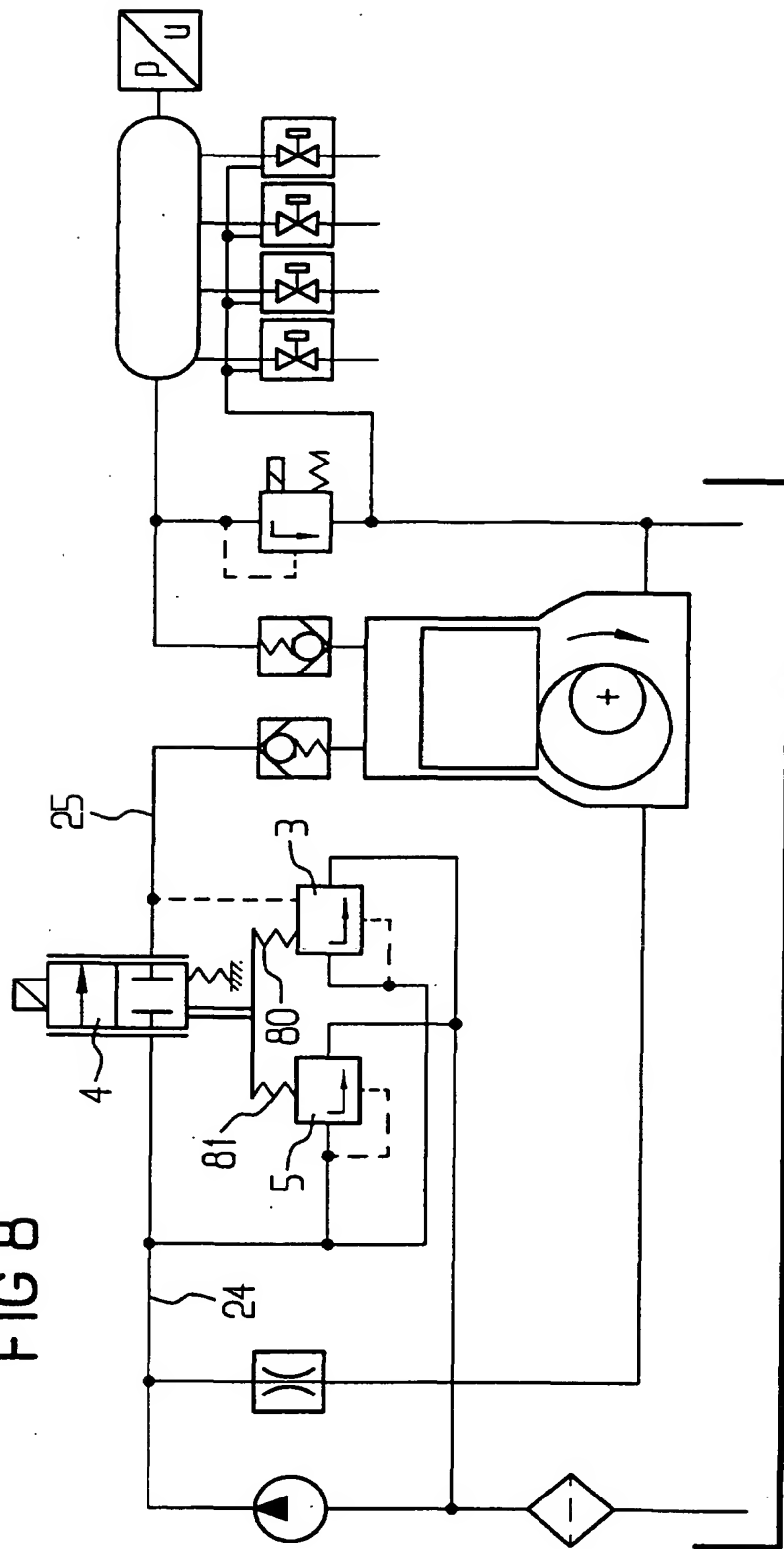


FIG 8A

